

DIN EN 14587-2

ICS 25.160.10; 93.100

Bahnanwendungen –**Oberbau –****Abbrennstumpfschweißen von Schienen –****Teil 2: Abbrennstumpfschweißen neuer Schienen der Stahlsorten R220, R260, R260Mn und R350HT durch mobile Schweißmaschinen an Orten außerhalb eines Schweißwerkes;****Deutsche Fassung EN 14587-2:2009**

Railway applications –

Track –

Flash butt welding of rails –

Part 2: New R220, R260, R260Mn and R350HT grade rails by mobile welding machines at sites other than a fixed plant;

German version EN 14587-2:2009

Applications ferroviaires –

Voie –

Soudage des rails par étincelage –

Partie 2: Rails neufs de nuance R220, R260, R260Mn et R350HT par des machines de soudure mobiles dans des sites autres qu'une installation fixe;

Version allemande EN 14587-2:2009

Gesamtumfang 46 Seiten

Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) im DIN

Normenausschuss Eisen und Stahl (FES) im DIN

Normenausschuss Schweißtechnik (NAS) im DIN

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab 2009-08-01.

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 14587-2:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird. Das zuständige deutsche Gremium ist der NA 087-00-01 AK „Schienenschweißen“ im Normenausschuss „Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)“.

Deutsche Fassung

**Bahnanwendungen —
Oberbau —
Abbrennstumpfschweißen von Schienen —
Teil 2: Abbrennstumpfschweißen neuer Schienen der Stahlsorte
R220, R260, R260Mn und R350HT durch mobile
Schweißmaschinen an Orten außerhalb eines Schweißwerkes**

Railway applications —
Track —
Flash butt welding of rails —
Part 2: New R220, R260, R260Mn and R350HT
grade rails by mobile welding machines at sites other
than a fixed plant

Applications ferroviaires —
Voie —
Soudage des rails par étincelage —
Partie 2: Rails neufs de nuance R220, R260, R260Mn et
R350HT par des machines de soudure mobiles dans des
sites autres qu'une installation fixe

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 28. Februar 2009 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Anforderungen an den Schweißprozess	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Spannkraft	8
4.3 Vorwärmung — Abbrennen	8
4.4 Fortschreitendes Abbrennen.....	8
4.5 Stauchen.....	8
4.6 Schweißstrom	8
4.7 Lösen der Spannvorrichtung.....	9
4.8 Schweißprogramme und Aufzeichnungen.....	9
4.9 Versatz an der Schweißung	9
4.10 Abscheren des Wulstes	10
4.11 Wärmenachbehandlung	13
5 Verfahrenszulassung einer MFBW-Maschine.....	13
5.1 Allgemeines.....	13
5.2 Vorbereitung der Probestücke	13
5.3 Zulassungsprüfungen	13
5.3.1 Augenscheinliche Prüfung	13
5.3.2 Abscheren und Untersuchung des Schweißwulstes	13
5.3.3 Versatz an der Schweißung	14
5.3.4 Magnetpulverprüfung oder Farbeindringprüfung	14
5.3.5 Biegeprüfung.....	14
5.3.6 Makrountersuchung	14
5.3.7 Mikrountersuchung	15
5.3.8 Härteprüfung	15
5.3.9 Dauerfestigkeitsprüfung	15
5.4 Prüfbericht.....	15
6 Zulassung für weitere Schienenprofile und Stahlsorten	16
6.1 Allgemeines.....	16
6.2 Zulassungsprüfung	16
6.2.1 Allgemeines.....	16
6.2.2 Stahlsorte R220.....	16
6.2.3 Stahlsorte R260Mn	16
6.2.4 Stahlsorte R350HT	16
7 Zulassung der Auftragnehmer	16
7.1 Allgemeines.....	16
7.2 Erstzulassung der Auftragnehmer.....	17
7.2.1 Schweißverfahren.....	17
7.2.2 Qualitätssystem	17
7.2.3 Bereitzustellende Informationen der Auftragsnehmer	17
7.2.4 Bediener.....	17
7.2.5 Überwachung	17
7.2.6 Schweißüberprüfungen.....	17
7.2.7 Ausstattung	17
7.3 Baustellenzulassung	17
7.4 Audits.....	18

8	Schweißung und Abnahmekriterien	18
8.1	Bestellangaben	18
8.2	Vorbereitung der Schienenenden	18
8.3	Schienenausrichtung	18
8.4	Schweißparameteranzeige	19
8.5	Kennzeichnung der Schweißung	19
8.6	Augenscheinliche Prüfung	19
8.7	Versatz an der Schweißung	19
8.8	Endbearbeitung des Schienenkopfes	19
8.8.1	Grobschliff	19
8.8.2	Feinschliff	19
8.9	Geometrische Abnahmekriterien	20
8.10	Herstellung der Schweißung nach der Zulassung	21
8.10.1	Allgemeines	21
8.10.2	Zusätzliche Prüfanforderungen	21
8.10.3	Biegeprüfung	21
8.10.4	Bewertung der Ergebnisse	21
8.11	Dokumentation	22
Anhang A (normativ) Anforderungen an die Biegeprüfung		23
Anhang B (normativ) Bruchflächen — Dokumentation der Fehler		25
Anhang C (normativ) Dauerfestigkeitsprüfung für Abbrennstumpfschweißungen		27
C.1	Einleitung	27
C.2	Aufbau der Prüfeinrichtung	27
C.3	Kalibrierungsverfahren	29
C.3.1	Allgemeines	29
C.3.2	Prüfkörper	29
C.3.3	Vorbereitung des Prüfkörpers	29
C.3.4	Instrumentierung	29
C.3.5	Prüfverfahren	29
C.4	Dauerfestigkeitsprüfung	33
C.4.1	Allgemeines	33
C.4.2	„Treppenstufen“-Verfahren	33
C.4.3	Beispiel einer Datenauswertung einer Dauerschwingprüfung nach dem „Treppenstufen“-Verfahren	36
C.4.4	Verfahren „Past-the-post“	36
Anhang D (normativ) Makrountersuchung und Mikrountersuchung		38
D.1	Makrountersuchung	38
D.2	Mikrountersuchung	38
Anhang E (normativ) Härteprüfung		39
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 2008/57/EG		40
Literaturhinweise		44

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14587-2:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2009, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2009 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EG-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EG-Richtlinien, siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Dieses Dokument ist ein Teil der dreiteiligen Reihe der EN 14587, *Bahnanwendungen — Oberbau — Abbrennstumpfschweißen von Schienen*. Die Reihe besteht aus folgenden Teilen:

- *Teil 1: Abbrennstumpfschweißen neuer Schienen der Stahlsorten R220, R260, R260Mn und R350HT in einem Schweißwerk*
- *Teil 2: Abbrennstumpfschweißen neuer Schienen der Stahlsorten R220, R260, R260Mn und R350HT durch mobile Schweißmaschinen an Orten außerhalb eines Schweißwerkes*
- *Teil 3: Schweißen in Verbindung mit Weichenkonstruktionen*

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Dieser Teil der EN 14587 hat drei Hauptthemen:

- a) Zulassungsverfahren für eine mobile Abbrennstumpfschweißmaschine (MFBW-Maschine);
- b) Zulassung der Schweißbetriebe;
- c) Schweißung.

Dieser Teil der EN 14587 wurde aufgrund der Europäischen Richtlinie veranlasst, die die Freiheit auf dem Europäischen Markt erlaubt. Um dieses Konzept umzusetzen, ist es notwendig, eine Norm zu erstellen, die die Anforderungen der Infrastrukturunternehmen und Betreiber zufriedenstellt, und die Produktionsfähigkeit der Hersteller in technischer und qualitativer Hinsicht berücksichtigt.

Dieser Teil der EN 14587 unterscheidet sich wesentlich vom Teil 1 durch die besonderen Anforderungen an eine mobile Abbrennstumpfschweißmaschine:

- sie arbeitet für kurze Zeit an unterschiedlichen Orten und für unterschiedliche Besteller;
- sie arbeitet unter unterschiedlichen Bedingungen, wie Wetter, Schienen, Gleise, Baustellen, Energieversorgungen, Gesetzesbestimmungen;
- sie wird von Unternehmen an Baustellen für die Erstellung des lückenlosen Gleises eingesetzt, wobei Personal von unterschiedlichen Firmen (einschließlich des Bestellers) auf der Baustelle zusammenarbeiten können;
- es gibt technische Unterschiede in der zu verwendenden Ausrüstung, um die notwendige Beweglichkeit sicherzustellen.

Als Ergebnis aufgrund der oben aufgeführten speziellen Arbeitsbedingungen einer mobilen Abbrennstumpfschweißmaschine konnten die folgenden Anforderungen aufgelockert werden:

- Mindestanforderungen an die Biegeprüfung für Regelprüfungen aus der laufenden Produktion;
- maximal erlaubter Wulst.

Dieser Teil der EN 14587 legt keine Einzelheiten an Zulassungen von Maschinen zum mobilen Abbrennstumpfschweißen (MFBW-Maschinen) bezüglich elektromagnetischer Störung oder Verträglichkeit, Fahrzeugbremsysteme oder irgendwelcher Anforderungen bezüglich Streckenlast, Umgebung und der zu erwartenden Gegebenheiten oder Infrastrukturzugangserlaubnis für irgendwelche Eisenbahnunternehmen fest.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Anforderungen für die Zulassung eines Schweißverfahrens mit einer MFBW-Maschine an Orten außerhalb eines Schweißwerkes, die Zulassung des Schweißverfahrens zusammen mit den Anforderungen an die Produktion von Schweißungen fest. Wird eine MFBW-Maschine kurzzeitig stationär verwendet, müssen die Anforderungen dieses Teils der Norm eingehalten werden.

Die Norm ist anwendbar für neue Vignolschienen der Stahlsorte R220, R260, R260Mn und R350HT mit einer längenbezogenen Masse ab 46 kg/m, wie in EN 13674-1 behandelt, die durch eine MFBW-Maschine an Orten außerhalb eines Schweißwerkes verschweißt und für die Verwendung in der Eisenbahninfrastruktur vorgesehen sind.

Diese Europäische Norm befasst sich mit der Herstellung von Langschienen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 571-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Eindringprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen*

EN 1290, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen*

EN 13674-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Schienen — Teil 1: Vignolschienen ab 46 kg/m*

EN 14587-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Abbrennstumpfschweißen von Schienen — Teil 1: Abbrennstumpfschweißen neuer Schienen der Stahlsorten R220, R260, R260Mn und R350HT in einem Schweißwerk*

EN ISO 6507-1, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Vickers — Teil 1: Prüfverfahren*

EN ISO 7500-1, *Metallische Werkstoffe — Prüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung (ISO 7500-1:2004)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 stationäre Anlage
ortsfeste Produktionslinie zur Herstellung von Abbrennstumpfschweißungen von Schienen, wie in EN 14587-1 festgelegt

3.2 Schweißprozess
alle Bearbeitungsschritte, von der Auswahl der Schienen über das Verschweißen der Schienen bis zur Endbearbeitung der verschweißten Schienen

3.3 Roh-Wulst
überstehendes, herausgedrücktes Material als Folge des Anpressvorgangs

3.4

Kontakteinbrand

Oberflächenfehler, verursacht durch lokale Überhitzung infolge mangelhaften elektrischen Kontaktes zwischen Elektrode und Schiene

3.5

Abscheren

Entfernen des Roh-Wulstes

3.6

Wulst

nach dem Abscheren stehen bleibende Schweißnaht (verbleibende Wulst)

3.7

fertig bearbeitet

Bearbeiten des abgesicherten Wulstes mittels Schleifen oder ähnlicher Arbeitsverfahren

3.8

wie geschweißt

Schienen abbrennstumpfgeschweißt und nur abgesichert

3.9

Profilieren

Arbeitsschritt, bei dem der Schienenkopf oder relevante Teile des Kopfes im Schweißbereich zum Sollprofil bearbeitet werden

ANMERKUNG Diese Arbeitsschritte können Schleifen, Fräsen, Hobeln oder andere geeignete Verfahren sein.

3.10

fertige Schweißung

geschweißt, Wulst abgesichert und profiliert

3.11

Mattstelle

vom Schweißprozess verursachte Unregelmäßigkeiten von linsenartiger Form, oder hauptsächlich kreisförmig/elliptisch geformt, mit einer matten Struktur, wenn in vertikaler Richtung betrachtet

3.12

Bindefehler

Gebiet unvollständiger Verschmelzung der Schienenstöße

ANMERKUNG Dies kann an der Nahtstelle oder an der Oberfläche des Schweißbereiches nach dem Abscheren des Wulstes wie ein Riss oder eine unterbrochene Linie aussehen.

3.13

Langschiene

Schiene, bestehend aus mehreren zusammengeschweißten kurzen Schienen

3.14

MFBW-Maschine

Abkürzung für eine mobile Abbrennstumpfschweißmaschinen (Mobile Flash Butt Welding Machine)

3.15

Besteller

Besteller der Abbrennstumpfschweißungen

3.16

Eisenbahnunternehmen

RA

der Eigentümer als Betreiber einer Eisenbahn-Infrastruktur oder ein in der Betreiberverantwortung stehendes Unternehmen

3.17

Auftragnehmer

durch das zugehörige Eisenbahnunternehmen anerkanntes Unternehmen, das Fachpersonal und Maschinen für die Herstellung von mobilen Abbrennstumpfschweißungen bereitstellen

ANMERKUNG Dies schließt auch Fachpersonal und Maschinen der Eisenbahnunternehmen mit ein.

3.18

Hersteller

Hersteller der Schweißmaschine

4 Anforderungen an den Schweißprozess

4.1 Allgemeines

Alle Schweißungen müssen mit MFBW-Maschinen hergestellt werden, die programmierte und automatisch ablaufende Sequenzen verwenden.

4.2 Spannkraft

Die Schienen müssen in der MFBW-Maschine durch form- oder konturangepasste Klemmvorrichtungen so fixiert werden, dass durch die auf die Schiene wirkenden Kontaktkräfte keine Beschädigungen hervorgerufen werden, die anschließend zu Rissbildungen beim Einsatz der Schienen führen.

4.3 Vorwärmung — Abbrennen

Das Aufheizen der Schienenenden muss während des ganzen Vorganges gleichmäßig und senkrecht zu der Schienenlauffläche erfolgen.

Es dürfen keine Anzeichen von Überhitzung der Schienenenden durch Vorwärmen — Abbrennen auftreten. Wenn eingeleitet, darf der Abbrennvorgang nicht unterbrochen werden.

4.4 Fortschreitendes Abbrennen

Einmal eingeleitet, darf das fortschreitende Abbrennen nicht unterbrochen werden.

4.5 Stauchen

Das Stauchen muss unmittelbar nach dem Abbrennen erfolgen. Es muss eine ausreichende Stauchkraft aufgebracht werden, dass Spalten geschlossen und Lufteinschlüsse so weit nach außen gepresst werden, dass nur ein Minimum im Wulst verbleibt. Das in der Schweißzone aufgeschmolzene Material muss sich als Wulst ausstülpfen.

4.6 Schweißstrom

Der Schweißstrom muss aufrechterhalten werden bis das schnelle und das kontinuierliche Stauchen beginnt.

4.7 Lösen der Spannvorrichtung

Um die Ausrichtung der Schienen sicherzustellen, darf die Spannvorrichtung erst frühestens 4 s nach dem Beenden des Stauchens gelöst werden.

4.8 Schweißprogramme und Aufzeichnungen

Die Schweißparameter (Einstellungen) werden mittels Schweißversuchen bestimmt und dürfen nach der Genehmigung nicht mehr verändert werden.

Die Schweißmaschine und/oder die Steuerungseinrichtung muss in der Lage sein, folgende Parameter anzuzeigen:

- a) Programmnummer und Einstelldetails;
- b) Schweißstrom;
- c) Stauchkraft oder Stauchdruck;
- d) Längsbewegung;
- e) Schweißzeit.

Die Schweißparameter müssen angezeigt und aufgezeichnet werden. Die Aufzeichnungen müssen den einzelnen Schweißungen zugeordnet werden können. Die Schweißparameter müssen die Herstellung von Schweißungen bei Schienentemperaturen über -10 °C erlauben, ohne dass Parameteränderungen notwendig werden. Veränderungen der Vorwärmparameter aufgrund unterschiedlicher Schienentemperaturen werden nicht als Änderung des Schweißprogramms gewertet. In diesem Fall ist eine Biegeprüfung nach 8.10.3 durchzuführen.

ANMERKUNG Bei extremen saisonalen Temperaturunterschieden kann der Auftragnehmer die Verwendung eines alternativen Schweißprogramms verlangen.

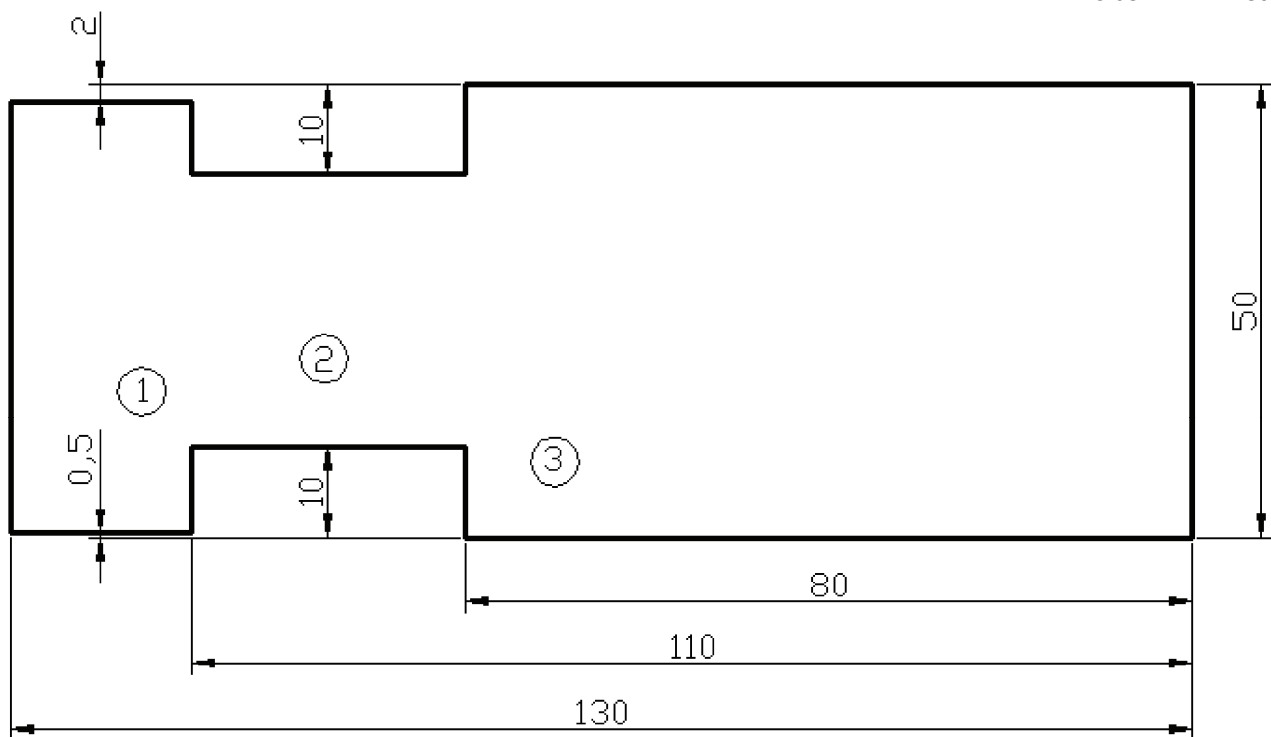
4.9 Versatz an der Schweißung

Jeder Versatz der Schienen an der Schweißnaht in der Ausführung „wie geschweißt“ (siehe 3.8) darf die in Tabelle 1 aufgeführten Abmessungen nicht überschreiten. Überprüfungen müssen mit Lehren, wie in Bild 1 gezeigt, durchgeführt werden.

Tabelle 1 — Maximal erlaubter Versatz

Lage des Versatzes	Maximal erlaubter Versatz
vertikal in der Mittellinie der Fahrfläche	0,5 mm
horizontal an der ausgerichteten Kopfseite oder Fahrkante 14 mm unter Schienenoberkante	0,5 mm
horizontal an beiden Fußkanten	2,0 mm

Maße in Millimeter



Legende

- ① Spalt
- ② Aussparung
- ③ Ausrichtungsfläche

Bild 1 — Lehre zur Messung des Versatzes

4.10 Abscheren des Wulstes

Die Schweißung muss folgenden Anforderungen genügen:

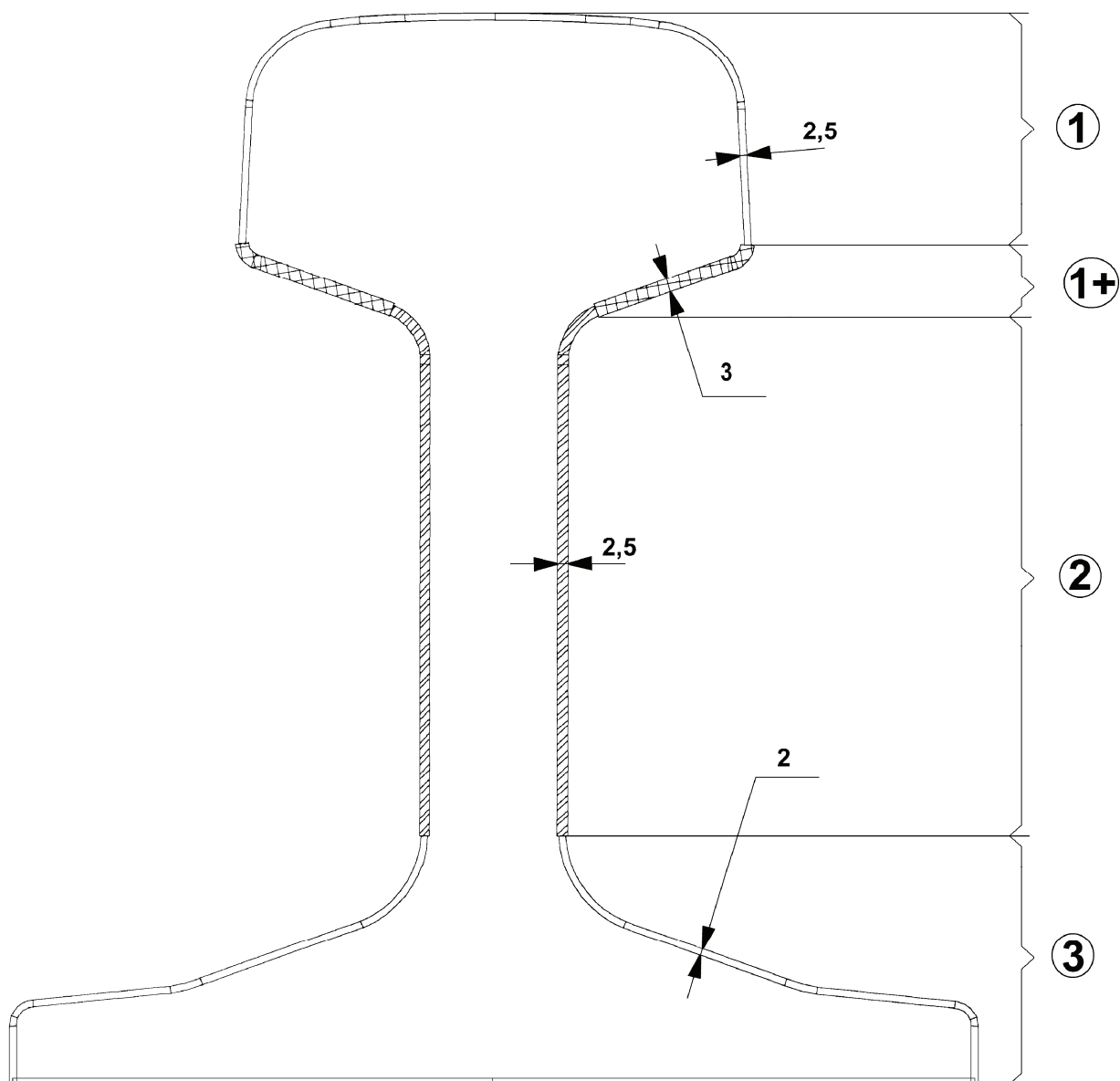
- a) Der entstandene Wulst muss automatisiert abgeschert werden.
- b) Die Schweißung muss während des Abscherens unter Druck stehen. Eine Seite darf während des Abschervorganges gelöst sein.
- c) Das Abscheren des Wulstes darf zu keinen mechanisch oder thermisch bedingten Fehlern in den Schienen führen.
- d) Die Scherflächen müssen frei von sichtbaren Rissen sein.
- e) Das weitere Bearbeiten des Wulstes darf keine Beschädigungen an den Schienen und der Schweißung hervorrufen. Weder die Schiene noch die Schweißung darf tiefer als das Originalprofil bearbeitet werden.
- f) Der Qualität der Abscherung an der Unterseite des Schienenfußes ist Aufmerksamkeit zu schenken.
- g) Der Wulst muss frei sein von Einschlüssen, Kerben durch das Pressen, Rissen, Unterschneidungen oder Beschädigungen in den anschließenden Schienen.

- h) Die maximale Dicke des abgescherten Wulstes ist in Tabelle 2 aufgeführt und in Bild 2 dargestellt. Im Falle von Abweichungen bei den Schienenabmessungen ist der nach dem Abscheren größte Überstand des verbleibenden Wulstes an der Schiene zu messen. Wenn die Werte des verbleibenden Wulstes die Maximalwerte überschreiten, muss der Wulst bis zum Erreichen der geforderten Werte nachgearbeitet werden, ohne dabei die Grundschiene zu beschädigen.

Tabelle 2 — Maximal erlaubte Wulstdicke nach dem Abscheren

Zone	Lage des Wulstes	Maximal erlaubter Wulst
1	gesamtes Kopfprofil, von der unteren Kante des Kopfes auf der Fahrkantenseite bis zur unteren Kopfkante der gegenüberliegenden Seite	2,5 mm
1+	bearbeitete Oberfläche auf der Unterseite des Kopfes	3,0 mm
2	Steg, einschließlich des oberen Übergangsradius bis hinab zu dem Beginn des unteren Übergangsradius	2,5 mm
3	Fuß, einschließlich der Außenradien im Steg und weiter zu den Fußkanten, und die gesamte Unterseite des Fußes	2,0 mm

Maße in Millimeter



Legende

- ① Zone 1 Schienenkopf
- ①+ Zone 1+ an der Unterseite des Schienenkopfes
- ② Zone 2 Schienensteg
- ③ Zone 3 Schienenfuß

Bild 2 — Maximal erlaubte Wulstdicke